

Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

Rifbollen

Om de afname van het aantal diersoorten in het Grevelingenmeer te stoppen werd er 15 jaar geleden een kunstmatig rif aangelegd. Al na een paar jaar werd het rif een populaire plek voor duikers.

afbeelding 1



Legenda:



Na de bouw van de Brouwersdam verdween de getijdenstroom in het Grevelingenmeer (afbeelding 1) waardoor steeds meer van de stenige bodem bedekt raakte met zand en slib. Juist op stenige plekken kunnen holtdieren, sponzen en planten (zoals wieren) groeien, waartussen vissen, kreeften, krabben en andere dieren beschutting en voedsel zoeken.

afbeelding 2



Het kunstmatig rif van betonnen rifbollen (afbeelding 2) biedt deze organismen weer een plaats om te leven.

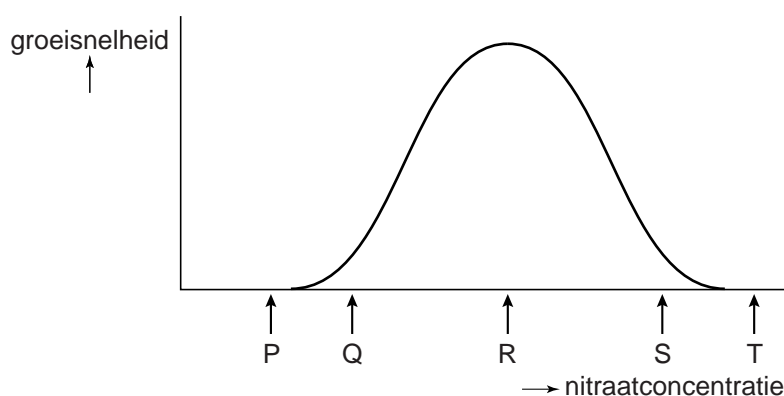
Rifbollen worden geplaatst op plekken waar het water 5 tot 9 meter diep is.

- 2p 1 Leg uit waardoor de groei van wieren op de rifbollen afneemt als deze dieper geplaatst worden.

Dat het water bijna altijd helder is, draagt zeker bij aan de populariteit van het Grevelingenmeer in de duiksport. De algenbloei die in mei het water van de Oosterschelde meestal in een troebele groene soep verandert, komt hier niet voor. Er stroomt geen rivierwater naar het Grevelingenmeer, waardoor het water voedselarm blijft: het water bevat relatief weinig nitraat. Hierdoor kunnen kokkels, mosselen en dierlijk plankton de populatiedichtheid van de algen laag houden.

In een laboratorium wordt een experiment uitgevoerd waarbij de groeisnelheid van algenpopulaties wordt bepaald bij verschillende nitraatconcentraties. De algen zijn afkomstig uit het water van het Grevelingenmeer. In afbeelding 3 is het resultaat van dit onderzoek weergegeven.

afbeelding 3



1p 2 Onder de optimumkromme zijn vijf punten met een letter aangegeven. Welke letter geeft de nitraatconcentratie van het water in het Grevelingenmeer aan?

2p 3 Aanvoer van organische stoffen via rivieren veroorzaakt algenbloei in de Oosterschelde. Leg uit dat door toename van de hoeveelheid organische stoffen de groei van algen kan toenemen.

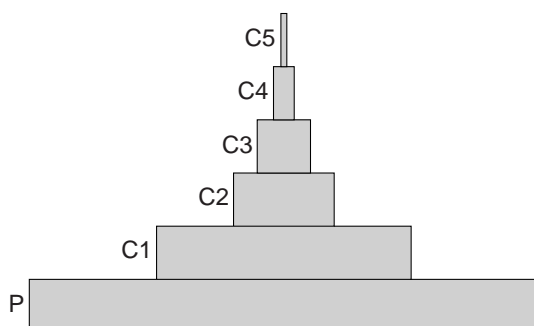
In een aantal jaren zijn de kale betonnen rifbollen veranderd in een klein ecosysteem. Een deel van de diersoorten die hier worden aangetroffen staat in tabel 1.

tabel 1

diersoort	afdeling	voedsel
zeeanjerier	holtedieren	dierlijk plankton, visjes en krabbetjes
grote zeenaald	gewervelden	kreeftjes en garnalen
zeekreeft	geleedpotigen	schelpdieren, garnaaltjes, dierlijk aas
geweispons	sponzen	algen en organisch afval
mossel	weekdieren	algen
gewone zeester	stekelhuidigen	mosselen
doorschijnende zakpijp	manteldieren	algen en dierlijk plankton

De organismen in een ecosysteem kunnen worden gerangschikt in een piramide van biomassa (afbeelding 4). Hierin is de hoeveelheid biomassa van de verschillende trofische niveaus weergegeven.

afbeelding 4



- 2p 4 Welke van de in tabel 1 genoemde diersoorten is of welke zijn onderdeel van laag C1 uit de piramide van afbeelding 4?

De introductie van de rifbollen veranderde het ecosysteem in het Grevelingenmeer. Hierover worden twee uitspraken gedaan:

- 1 De introductie van de rifbollen heeft tot een toename van producenten geleid.
- 2 De introductie van de rifbollen heeft ertoe geleid dat de habitat voor holtedieren groter werd.

- 2p 5 Welke uitspraak is of welke uitspraken zijn juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D beide

Longinfecties bij CF-patiënten

Wetenschappers hebben mogelijk ontdekt waardoor de longen van patiënten met taaislijmziekte snel geïnfecteerd raken. Deze ontdekking zou kunnen leiden tot een behandelmethode om longinfecties bij deze patiënten te voorkomen.

Patiënten met taaislijmziekte (cystische fibrose, CF) hebben een afwijking in het CFTR-gen waardoor de slijmvliezen in het lichaam dik, taai slijm produceren. Het was tot nu toe onduidelijk hoe dit in de longen leidt tot een verstoorde afweer, bijvoorbeeld tegen bacteriën.

Nu blijkt dat bij patiënten met CF de dunne slijmlaag van het longslijmvlies zuurder is dan bij gezonde personen. Hierdoor worden ingeademde bacteriën niet gedood door lysozymen. Dit probleem kan mogelijk in een vroeg stadium worden aangepakt door de slijmlaag minder zuur te maken.

Bacteriën kunnen op verschillende manieren onschadelijk gemaakt worden:

- 1 Macrofagen verteren de bacteriën in de longblaasjes.
- 2 Trilharen verplaatsen de bacteriën naar de keelholte. Na het doorslikken worden ze door het maagzuur gedood.
- 3 T-lymfocyten en B-lymfocyten maken de bacteriën onschadelijk.
- 4 Lysozymen breken de celwand van bacteriën af.

2p 6 Noteer de nummers 1, 2, 3 en 4 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de bijbehorende manier behoort tot de **aspecifieke afweer** of tot de **specifieke afweer**.

Henk Haagsman, hoogleraar moleculaire afweer aan de Universiteit Utrecht, vermoedde een verband tussen de zuurdere slijmlaag en het veel voorkomen van longinfecties bij CF. Zijn hypothese was: de werking van bacteriedodende eiwitten (lysozymen) in het longslijmvlies wordt bij patiënten met CF geremd door de lagere pH.

Om deze hypothese te testen werd een experiment uitgevoerd met varkens.

Het longslijmvlies van gezonde varkens werd behandeld met een NaCl-oplossing of met CO₂. Door de CO₂ wordt de pH van het longslijmvlies verlaagd, waardoor deze overeenkomt met de pH van het longslijmvlies van varkens met CF. Met NaCl blijft de pH hetzelfde. Het longslijmvlies van varkens met CF werd behandeld met NaCl of met NaHCO₃. Door NaHCO₃ wordt de pH verhoogd, zodat de pH van gezonde varkenslongen benaderd wordt.

Vervolgens werd bij de vier groepen varkens het longslijmvlies geïnfecteerd met de bacterie *Staphylococcus aureus*. Hierna werd de sterfte van deze bacteriën bepaald.

Voor het onderzoek heeft men nauw verwante biggen **met** en **zonder** CF vergeleken. CF wordt ook bij varkens veroorzaakt door een autosomaal recessief allel van het CFTR-gen. De biggen die in het onderzoek werden gebruikt waren allemaal homozygoot voor het CFTR-gen.

- 2p 7 Welke twee ouderdieren zijn voor het onderzoek met elkaar gekruist om onder andere homozygote biggen zonder CF én biggen met CF te verkrijgen?

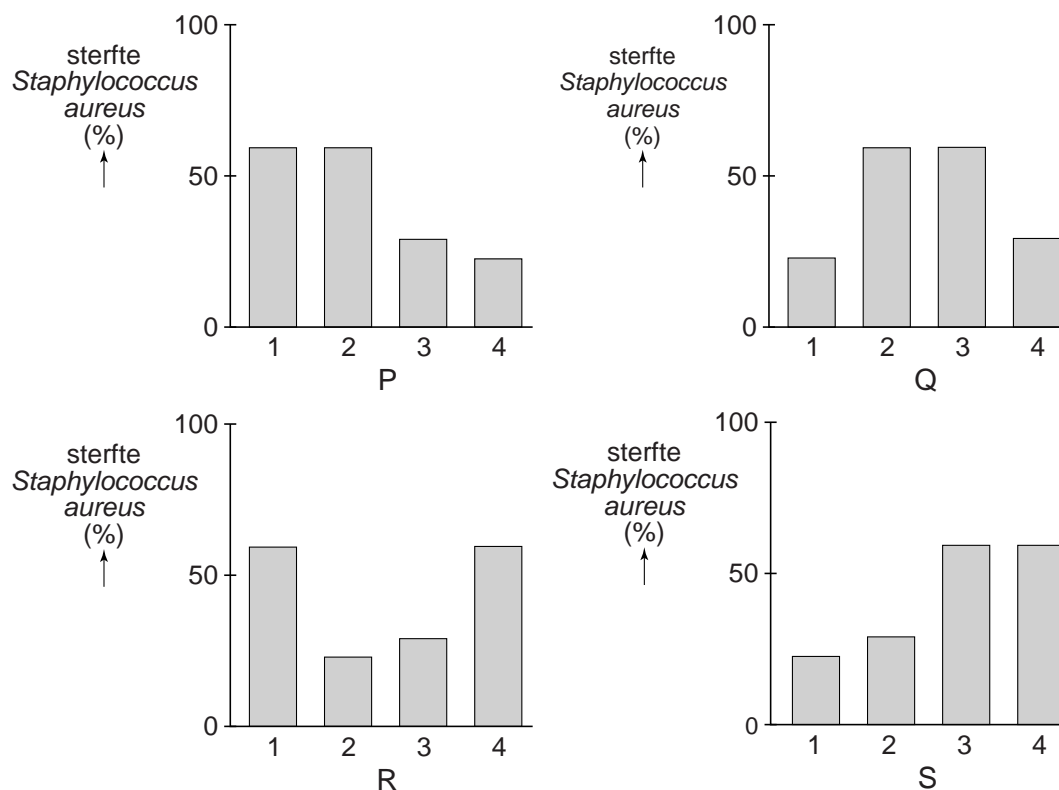
zeug (vrouwelijk varken)

beer (mannelijk varken)

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| A drager voor CF (heterozygoot) | gezond (homozygoot) |
| B drager voor CF (heterozygoot) | drager voor CF (heterozygoot) |
| C gezond (homozygoot) | met CF |
| D met CF | drager voor CF (heterozygoot) |
| E met CF | met CF |

Haagsman concludeerde uit de resultaten van het onderzoek dat zijn hypothese aannemelijk is.

afbeelding 1



Legenda:

- 1: longslijmvlies van gezonde varkens behandeld met NaCl
- 2: longslijmvlies van gezonde varkens behandeld met CO₂
- 3: longslijmvlies van varkens met CF behandeld met NaCl
- 4: longslijmvlies van varkens met CF behandeld met NaHCO₃

- 2p 8 Welk diagram in afbeelding 1 geeft het resultaat weer dat de hypothese van Haagsman ondersteunt?
- A diagram P
 - B diagram Q
 - C diagram R
 - D diagram S
- 1p 9 Verklaar waardoor lysozymen niet goed werken in de zure slijmlaag bij CF-patiënten.

Varkens met CF ontwikkelen dezelfde ziekteverschijnselen als mensen met CF. Toch moet het middel ook op mensen worden getest voordat het toegepast kan worden als behandelmethode voor patiënten met CF.

- 1p 10 Licht aan de hand van een mogelijk verschil tussen mensen en varkens toe waarom het nodig is het middel ook op mensen te testen.

Onderzoek bij patiënten moet uitwijzen of het mogelijk is om de longen minder zuur te maken, zegt Haagsman. Dit kan bijvoorbeeld door met een inhalator (afbeelding 2) NaHCO_3 in te ademen zodat het in de longen komt.

afbeelding 2



- 1p 11 Noteer de namen van vier delen van de luchtwegen waar de NaHCO_3 -deeltjes uit de inhalator doorheen gaan voordat ze de longblaasjes bereiken.

Vroegtijdig behandelen van kinderen met CF is mogelijk, omdat de ziekte is opgenomen in het hielprikonderzoek voor pasgeborenen. Bij deze hielprik wordt bloed afgenomen dat onder andere wordt geanalyseerd om te bepalen of de baby wel of geen CF heeft.

- 2p 12 Welke bloedbestanddelen bevatten het DNA dat na de hielprik wordt geanalyseerd?
- A alleen de bloedplaatjes
 - B alleen de rode bloedcellen
 - C alleen de witte bloedcellen
 - D de bloedplaatjes, de rode bloedcellen en de witte bloedcellen

In de toekomst kunnen longinfecties bij CF-patiënten mogelijk worden voorkomen door behandeling met NaHCO_3 .

- 1p 13 Licht toe dat er bij deze behandeling met NaHCO_3 geen sprake is van genezing van CF.

fMRI-onderzoek is niet altijd te reproduceren

Vanaf halverwege de vorige eeuw kunnen kleine hersengebieden onderzocht worden door middel van röntgenonderzoek. Sinds 1990 kan met 'functional Magnetic Resonance Imaging' (fMRI) vrij precies de hersenactiviteit worden gemeten (afbeelding 1). De conclusies van sommige fMRI-studies staan echter ter discussie.

afbeelding 1



Bij het onderzoek naar welke gebieden in onze hersenen betrokken zijn bij het uitvoeren van bepaalde functies waren wetenschappers tot 1960 afhankelijk van patiënten die door een ongeluk een beschadiging in hun hersenen hadden opgelopen. Door gedragsobservaties bij deze patiënten konden de hersencentra voor geheugen, herkenning van personen en sociale aanpassing worden gelokaliseerd.

- 2p 14 Welk gedeelte van de hersenen is beschadigd bij de patiënten met problemen met geheugen, herkenning van personen en sociale aanpassing?
- A de grote hersenen
 - B de hersenstam
 - C de kleine hersenen

Met fMRI wordt de doorbloeding van bepaalde hersengebieden bekeken (afbeelding 2), waarbij een resolutie van 2 millimeter kan worden bereikt. Dit betekent dat van een gebiedje van 2 bij 2 millimeter de verandering in hersendoorbloeding kan worden waargenomen. De doorbloeding van een hersengebied is een maat voor de hersenactiviteit van dat gebied.

afbeelding 2



Hieronder worden drie uitspraken gedaan over de doorbloeding in actieve hersengebieden:

- 1 Met het bloed worden meer blaasjes met neurotransmitters aangevoerd naar dit gebied.
- 2 Met het bloed wordt meer ATP aangevoerd naar dit gebied.
- 3 Met het bloed wordt meer zuurstof aangevoerd naar dit gebied.

2p 15 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

2p 16 Hoe gedetailleerd is de informatie die met de resolutie van 2 millimeter met fMRI kan worden geanalyseerd?

- A Er kan bepaald worden welke groep zenuwcellen actief is.
- B Er kan bepaald worden welke zenuwcel actief is.
- C Er kan bepaald worden welk axon impulsen geleidt.
- D Er kan bepaald worden welke synaps neurotransmitters afgeeft.

Met fMRI is het herkennen van klanken en het herkennen van degene die tot je spreekt, onderzocht. Proefpersonen kregen bij dat onderzoek verschillende klinkers (a, i of o) te horen van verschillende sprekers. De hersengebieden die actief zijn – onafhankelijk van welke klinker uitgesproken wordt – lijken betrokken bij het identificeren van de spreker.

2p 17 In welk type zenuwcellen was bij de proefpersonen in ieder geval impulsgeleiding opgetreden waardoor de spreker werd herkend?

- A alleen in motorische zenuwcellen
- B alleen in sensorische zenuwcellen
- C alleen in motorische en schakelzenuwcellen
- D alleen in sensorische en schakelzenuwcellen
- E in motorische, sensorische en schakelzenuwcellen

Bij sommige fMRI-studies is de beschrijving van de gebruikte methode niet volledig, waardoor andere onderzoekers de getrokken conclusies niet kunnen controleren. Dit was bij het beschreven gehoor-/herkenningsonderzoek overigens wel mogelijk.

Een voorbeeld van een slecht te controleren onderzoek is hieronder beschreven. De paragraaf *Materiaal en methode* bevat naast gedetailleerde technische methodieken de beschrijving in afbeelding 3.

afbeelding 3

Bij een aantal gezonde proefpersonen, van uiteenlopende leeftijden, met evenveel mannen als vrouwen, werd tijdens het oplossen van een rekenprobleem een fMRI gemaakt.

In de resultaten werd vermeld dat bij 75% van de proefpersonen een verhoogde activiteit werd gemeten in een bepaald hersengebied, waaruit de conclusie werd getrokken dat dit hersengebied een rol speelde bij de onderzochte bezigheid.

De kwaliteit van dit onderzoek is niet vast te stellen, omdat de gegevens voor het bepalen van de betrouwbaarheid en de validiteit onvolledig zijn. Met een hoge betrouwbaarheid wordt bedoeld dat de invloed van toeval op de uitkomst beperkt is. Een onderzoek is valide wanneer geen systematische fouten worden gemaakt; dat wil dus zeggen dat gemeten wordt wat men wil weten.

Twee tekortkomingen in de beschrijving van het onderzoek zijn:

- 1 Het aantal proefpersonen is niet vermeld.
- 2 De controleproef is niet beschreven.

2p 18 Heeft tekortkoming 1 te maken met het bepalen van de betrouwbaarheid of van de validiteit van het onderzoek? En tekortkoming 2?

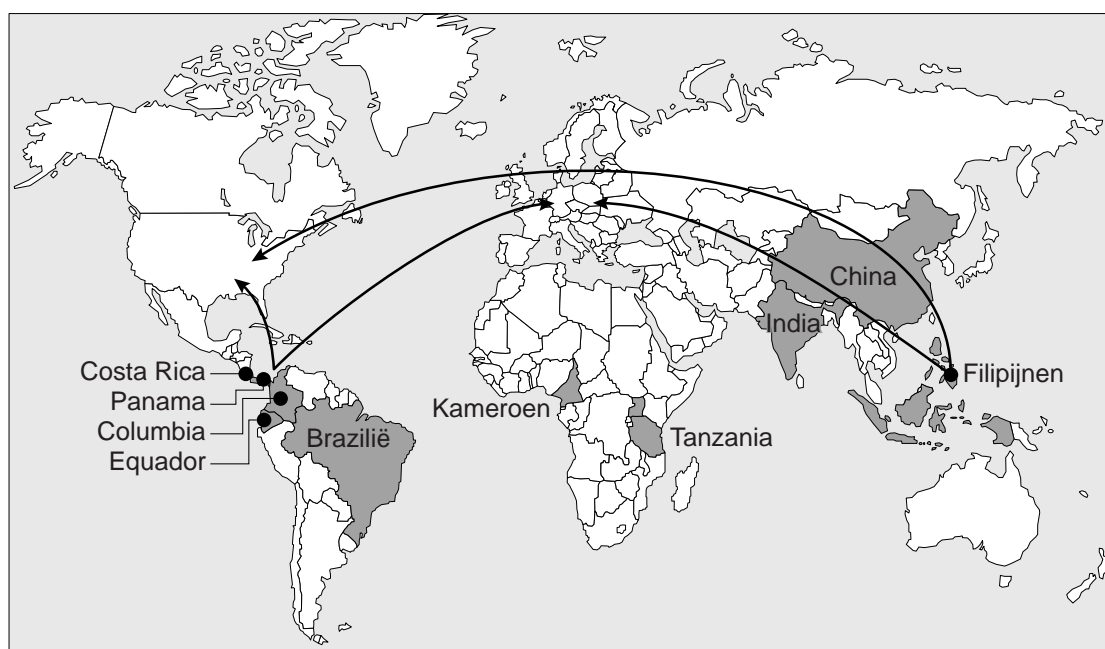
	tekortkoming 1	tekortkoming 2
A	betrouwbaarheid	betrouwbaarheid
B	betrouwbaarheid	validiteit
C	validiteit	betrouwbaarheid
D	validiteit	validiteit

Bananen bedreigd!

Onder leiding van Gert Kema doet Plant Research International onderzoek naar schimmelziekten die een grote bedreiging vormen voor de bananenteelt.

De banaan is wereldwijd een belangrijk voedselgewas, met een productie van 100 miljoen ton per jaar. Ongeveer 15% van die bananen komt terecht in supermarkten in de VS en Europa (afbeelding 1).

afbeelding 1



Legenda:

■ grootste bananenproducenten ● grootste bananenexporteurs

Wilde bananen bevatten weinig vruchtvlees en veel harde zaden, en zijn daardoor oneetbaar. Uit de wilde bananensoorten *Musa acuminata* en *Musa balbisiana* zijn diverse eetbare rassen ontwikkeld. Veel van deze rassen hebben drie sets chromosomen, waardoor ze zich niet geslachtelijk voortplanten. Deze rassen worden ongeslachtelijk vermeerderd.

Elke plantage is een monocultuur van dezelfde bananenkloon. Hierdoor zijn de planten erg kwetsbaar als een schimmelziekte uitbreekt.

2p 19 Leg uit dat het gebruik van één bananenkloon een plantage extra kwetsbaar maakt voor schimmelziekten.

De Panamaziekte wordt veroorzaakt door een bodemschimmel die de plant via de wortels binnendringt. Daar belemmeren de schimmeldraden (mycelium) het vochttransport, waardoor de bladeren vergelen en de plant verwelkt.

- 1p 20 Welke vaten in de bananenplant zijn verstopt door schimmeldraden waardoor deze verwelking optreedt?

Bij de schimmel *Mycosphaerella fijiensis*, die de Zwarte Sigatokaziekte veroorzaakt, verplaatsen de schimmelsporen zich via de lucht en besmetten de plant via de huidmondjes. Het gevolg is dat er vlekken op de bladeren ontstaan (afbeelding 2) en dat de vruchten van de plant versneld rijpen.

afbeelding 2



De Zwarte Sigatokaziekte kan worden bestreden met fungiciden, bestrijdingsmiddelen tegen schimmels. Door grote bananenproducenten worden deze veelvuldig ingezet.

Het gebruik van fungiciden in de bananenteelt wordt in discussies gebruikt als argument voor de stelling:
Consumptie van bananen in Europa en de VS is niet duurzaam vanuit ecologisch oogpunt.

- 1p 21 Geef een tweede argument dat deze stelling ondersteunt.

Een fungicide zoals propiconazool doodt de schimmel, maar werkt vaak niet op de langere termijn. Dit komt doordat de schimmels resistent worden tegen het fungicide.

- 3p 22 Leg uit hoe na langdurig gebruik van propiconazool op de plantages, een populatie van *Mycosphaerella fijiensis* ontstaat die resistent is tegen dit fungicide.

Gert Kema heeft in verschillende landen onderzoeksprojecten opgezet die mogelijk leiden tot oplossingen voor de problemen in de bananenteelt. Een daarvan richt zich op het resistent maken van de bananenplant door genetische modificatie. Daarvoor willen de onderzoekers resistentiegenen uit wilde bananenrassen inbouwen in het DNA van gekweekte rassen.

- 1p 23 Verklaar waarom het bij gekweekte bananen niet mogelijk is resistentie te verkrijgen door kruisingen (klassieke veredeling).

Meeroken?

Ondanks het rookverbod in openbare ruimten en de horeca zijn er nog veel plaatsen waar mensen min of meer gedwongen worden om mee te roken. Dit levert voor veel mensen nadelige gezondheidseffecten op.

Iemand met astma is extra gevoelig voor verblijf in rokerige ruimtes. Astma is een aandoening, waarbij de longen te heftig reageren op bepaalde prikkels, zoals sigarettenrook. Door deze prikkels kan een astma-aanval ontstaan. De luchtwegen worden tijdens zo'n aanval nauwer en dit leidt ertoe dat ademen moeilijker wordt. De patiënt krijgt het benauwd en kan gaan hoesten.

Een astmapatiënt ademt bij een astma-aanval tot 80% minder lucht in en uit dan normaal.

- 2p **24** Welke spieren trekken bij een astma-aanval samen waardoor het in- en uitademen van lucht wordt belemmerd?
- A alleen de kringspieren rondom de luchtwegen
 - B alleen de middenrifspieren
 - C alleen de tussenribspieren
 - D de kringspieren rondom de luchtwegen en de middenrifspier
 - E de kringspieren rondom de luchtwegen en de tussenribspieren
 - F de middenrifspier en de tussenribspieren

Sigarettenrook bevat naast nicotine een paar duizend andere giftige stoffen, waarvan er ongeveer 40 mutageen zijn.

- 2p **25** Wanneer wordt een stof mutageen genoemd?
- A als de stof de celdeling kan versnellen
 - B als de stof de werking van antistoffen in ons lichaam kan veranderen
 - C als de stof in lichaamscellen kan accumuleren
 - D als de stof veranderingen in het DNA kan veroorzaken

Nicotine kan op verschillende manieren in het lichaam terechtkomen:

- via de huid door een nicotinepleister
- via de longen door (mee) te roken
- via de slijmvliezen van de neus door tabak te snuiven

Als nicotine in het lichaam terechtkomt, wordt het snel verspreid door de bloedsomloop. Het duurt gemiddeld zeven seconden voordat de stof in de hersenen terechtkomt.

- 2p **26** Bij welke manier van opname kan een nicotinemolecuul het snelst via het bloed in de hersenen terechtkomen?
Hoeveel keer gaat het nicotinemolecuul hierbij door het hart?

manier van opname	aantal keer door het hart
A via de huid	1
B via de huid	2
C via de longen	0
D via de longen	1
E via de slijmvliezen van de neus	0
F via de slijmvliezen van de neus	1

Ook mensen met een hoge bloeddruk kunnen meeroken beter vermijden. In de hersenen veroorzaakt nicotine verschillende processen. Een daarvan is het stimuleren van het orthosympatisch zenuwstelsel, waardoor de bijniere meer van een bepaald hormoon afgeven.

- 2p **27** – Welk hormoon is dit?
– Verklaar hoe dit hormoon bijdraagt aan een hogere bloeddruk.

Nicotine verlaat het lichaam voor een deel direct via de nieren. Het grootste deel wordt echter afgebroken in de lever, waar nicotine wordt omgezet in cotinine. Deze stof wordt ook door de nieren uitgescheiden. In de nieren vinden verschillende processen plaats:

- 1 osmose
- 2 passief transport door de cellen van de nierkanaaltjes
- 3 reabsorptie (terugresorptie) door actief transport
- 4 ultrafiltratie in de kapsels van Bowman

- 2p **28** Door welk van deze processen komt cotinine in de urine terecht?
- A door proces 1
 - B door proces 2
 - C door proces 3
 - D door proces 4

Zetmeeldieet maakte van de wolf een hond

Meer dan 10.000 jaar geleden is het voedingspatroon van de voorouders van onze huidige hond veranderd. Dit is een belangrijke stap geweest in de ontwikkeling van de wolf tot huisdier (domesticatie).



Volgens de Zweedse onderzoeker Axelsson is de domesticatie versneld doordat de voorouder van de huidige hond zetmeel beter kon verteren dan de wolf. De onderzoeker koppelt die aanpassing aan de opkomst van de landbouw, zo'n 11.000 jaar geleden. Mensen vestigden zich op vaste plaatsen waar ze granen en peulvruchten gingen verbouwen. Bij die nederzettingen was afval met voedselresten te vinden. Zo ontstond een nieuwe voedingsbron voor de wolf die mogelijk bijdroeg aan de ontwikkeling van de wolf tot hond.

In de loop van 11.000 jaar zijn hond en wolf sterk van elkaar gaan verschillen. Naast mutatie en selectie is er nog een factor die hierin een belangrijke rol heeft gespeeld.

2p 29 Welke factor is dit?

- A concurrentie
- B isolatie
- C predatie
- D tolerantie

Axelsson analyseerde het DNA van 12 wolven en 60 honden. De wolven kwamen van verschillende continenten en de honden behoorden tot 14 rassen.

Drie uitspraken over deze onderzoeksgroep zijn:

- 1 Een hond en een wolf die samen vruchtbare nakomelingen kunnen voortbrengen behoren tot dezelfde soort.
- 2 De 14 hondenrassen onderscheiden zich van elkaar doordat zij elk een kenmerkend fenotype hebben.
- 3 Bij de honden van één ras is het DNA volledig identiek.

2p 30 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de bijbehorende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Axelsson vond tussen de groep honden en de groep wolven verschillen in tien genen die een rol spelen bij de vertering van zetmeel en vetten.

Nadat het onderzoek was opgeschaald tot 136 honden en 35 wolven vond de onderzoeker de volgende resultaten voor het gen voor amylase:

- 1 Alle wolven hadden twee kopieën van dit gen, terwijl de honden 4 tot 30 kopieën hadden.
- 2 Bij honden werd elk gen voor amylase gemiddeld 28 keer vaker afgelezen dan bij wolven.
- 3 Amylase van honden was efficiënter in het 'knippen' van zetmeel dan amylase van wolven.

2p 31 Door welke van deze drie resultaten wordt mede verklaard dat honden beter zetmeel verteren dan wolven?

- A alleen door 1 en 2
- B alleen door 1 en 3
- C alleen door 2 en 3
- D door 1, 2 en 3

2p 32 Welke stof wordt gevormd bij het aflezen van een gen, zoals bij resultaat 2?

- A DNA
- B eiwit
- C RNA

Uit het onderzoek van Axelsson bleek ook dat er verschillen waren tussen de verdere vertering van zetmeel tot glucose en de opname daarvan in de cellen van de dunne darm en in andere lichaamscellen. Insuline bevordert de opname van glucose uit het bloed door de lichaamscellen.

2p 33 Leg uit of na een zetmeelrijke maaltijd de concentratie van insuline in het bloed sneller zal stijgen bij een hond of sneller zal stijgen bij een wolf.

Bij mensen heeft het zetmeelrijke dieet geleid tot vergelijkbare aanpassingen. Axelsson vindt zijn resultaten daarom een treffend voorbeeld van evolutie waarbij twee verschillende soorten, onafhankelijk van elkaar, dezelfde aanpassingen ontwikkelen.

2p 34 Hoe wordt zo'n onafhankelijk ontwikkelde aanpassing genoemd?

- A analogie
- B genetic drift
- C homologie
- D variatie

Poeptransplantatie

De oma van Marah is met een ontsteking aan haar been in het ziekenhuis opgenomen. De ontsteking is daar behandeld met een antibioticum. Toen haar been begon te genezen kreeg oma last van diarree. Na enige tijd werd de diagnose gesteld: een darminfectie met *Clostridium difficile*.

Het toxine dat *Clostridium difficile* afgeeft, tast het epitheel (dekweefsel) van de dikke darm aan.

- 1p 35 Verklaar hoe door aantasting van het darmepitheel diarree kan ontstaan.

De oma van Marah krijgt als behandeling opnieuw een antibioticumkuur voorgeschreven.

Tijdens de biologieles heeft Marah gehoord dat antibioticagebruik ook nadelige kanten heeft. Ze zoekt op Wikipedia wat voor infectie haar oma eigenlijk heeft en leest het volgende:

Clostridium difficile is een grampositieve, anaerobe, sporevormende staafbacterie die veel voorkomt in de darmen maar daar doorgaans geen problemen veroorzaakt. Bij 80% van de pasgeborenen en bij 9% van de volwassenen is deze bacterie aantoonbaar in de ontlasting (dus ook in hun darmstelsel). Overmatige groei van *Clostridium difficile* (clostridiumziekte) bij volwassenen kan ontstaan door het gebruik van antibiotica.

- 2p 36 Leg uit waardoor antibioticagebruik clostridiumziekte kan veroorzaken.

Nederlandse huisartsen zijn terughoudend in het voorschrijven van antibiotica. Zo proberen ze een risico te minimaliseren.

- 1p 37 Welk risico wordt vergroot bij veelvuldig gebruik van antibiotica?

De behandeling van clostridiumziekte met antibiotica duurt lang en vaak komen de klachten weer terug. Daarom werd in het AMC in Amsterdam een onderzoek gedaan naar het toepassen van fecale bacterietherapie, ofwel poeptransplantatie, als alternatief voor de antibioticumbehandeling. Internist Max Nieuwdorp legt uit hoe dit in zijn werk gaat: “Gezonde donoren leveren hun ontlasting in. Na menging met een vloeistof en filteren door een zeefje ontstaat een vloeistof die aan patiënten met een *Clostridium*-infectie kan worden toegediend. Op deze manier wordt de darm voorzien van een gezond bacteriebehang.”

De vloeistof wordt toegediend via een slangetje door de neus naar het spijsverteringskanaal.

- 2p 38 Waar in het spijsverteringskanaal zal zich het uiteinde van het slangetje bevinden wanneer wordt gestart met de toediening?
- A in de slokdarm
 - B in de twaalfvingerige darm
 - C in de blinde darm
 - D in de endeldarm

Om de effectiviteit van fecale bacterietherapie te testen is uitgebreid klinisch onderzoek gedaan. Twee groepen patiënten met clostridiumziekte werden behandeld. Groep 1 kreeg een standaardbehandeling met antibiotica. Groep 2 kreeg fecale bacterietherapie.

De poeptransplantatie bleek zo succesvol dat het experiment vroegtijdig werd gestopt om ook de patiënten van groep 1 daarmee te behandelen.

- 1p 39 Beschrijf een mogelijk resultaat waaruit duidelijk werd dat de poeptransplantatie beter werkte dan de standaardbehandeling met antibiotica.

Marah vindt zo'n poeptransplantatie wel een vies idee. Ze vraagt zich af of de bacteriën niet eenvoudig in een laboratorium gekweekt kunnen worden, zodat de patiënten in plaats van poep een bacteriepreparaat toegediend kunnen krijgen.

Max Nieuwdorp verwacht dat verder onderzoek inderdaad zal leiden tot een preparaat met specifieke soorten gekweekte darmbacteriën.

Bij een kweek moeten de abiotische factoren overeenkomen met de omstandigheden in de dikke darm.

- 2p 40 Welke waarden moeten de factoren pH en zuurstofgehalte hebben om aan deze voorwaarde te voldoen?

	pH	zuurstofgehalte
A	2 - 3,5	laag
B	2 - 3,5	hoog
C	6 - 7,5	laag
D	6 - 7,5	hoog
E	8 - 9,5	laag
F	8 - 9,5	hoog

Actieplan SOS vuursalamander

Onze meest spectaculaire salamander, de vuursalamander, verkeert in nood en dreigt de eerste amfibie te worden die deze eeuw in Nederland uitsterft. Om dit te voorkomen startte RAVON (reptielen-, amfibieën-, vissenonderzoek Nederland) met het actieplan 'SOS vuursalamander'.

afbeelding 1



De vuursalamander (*Salamandra salamandra*, afbeelding 1) is in Nederland de enig voorkomende landsalamander. Vuursalamanders leven in de vochtige loofbossen met bronbeekjes van Zuid-Limburg.

Het voedsel van de volwassen vuursalamander bestaat vooral uit wormen en naaktslakken. Ook sommige geleedpotigen en hun larven staan op het menu, vooral de wat tragere dieren zoals miljoenpoten, pissebedden en rupsen. De larven van de vuursalamander leven hoofdzakelijk van kleine algen-etende watervlooien.

Er is niet veel bekend over natuurlijke vijanden van de volwassen vuursalamander. Oudere exemplaren zijn waarschijnlijk te giftig om door andere dieren gegeten te worden. Jongere exemplaren zijn nog niet zo giftig en vormen een prooi voor loopkevers. De larven van de vuursalamander worden gegeten door de beekforel, libellenlarven, waterkevers en de waterspitsmuis.

In de bovenstaande tekst wordt een voedselweb beschreven.

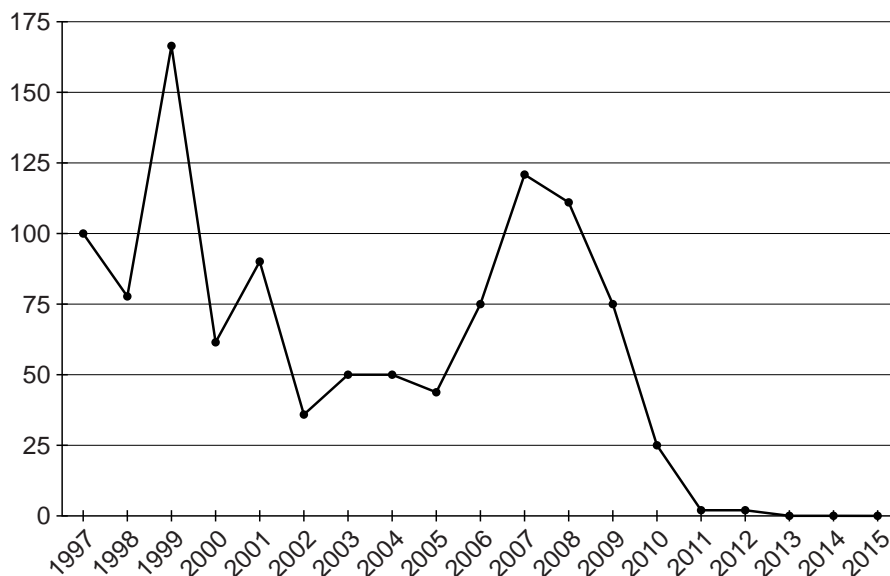
- 2p 41
- Teken een voedselketen waarvan de larven van de vuursalamander deel uitmaken, bestaande uit vier organismen uit het voedselweb.
 - Geef met de pijlen de richting van de energiestroom aan.

Medewerkers van RAVON bepalen jaarlijks de grootte van de vuursalamanderpopulatie door op verschillende plekken:

- larven te zoeken en te tellen in de poelen waarin vuursalamanders zich voortplanten;
 - volwassen dieren te tellen langs een vastgesteld traject op het land.
- Met de gegevens van deze tellingen wordt de ontwikkeling bepaald van de populatie vuursalamanders in het wild (afbeelding 2).

afbeelding 2

populatiegrootte
vuursalamanders
index (1997 = 100)



In 2010 werd alarm geslagen: “De vuursalamander dreigt uit te sterven in Nederland.”

- 2p **42** Welk gegeven blijkt uit de grafiek waardoor in 2010 alarm werd geslagen?
- A De daling van het aantal vuursalamanders was in 2010 het grootst.
 - B Het aantal vuursalamanders was in 2010 voor het eerst meer dan gehalveerd ten opzichte van 1997.
 - C In 2010 was het aantal vuursalamanders voor het derde achtereenvolgende jaar gedaald.

Met het actieplan SOS vuursalamander wilde RAVON:

- de oorzaak van de achteruitgang vaststellen;
- de laatste vuursalamanders veiligstellen;
- een kweekprogramma opzetten.

Een aantal gezonde vuursalamanders werd daarom door medewerkers van RAVON gevangen om de soort veilig te stellen. Deze vuursalamanders leven nu in gevangenschap.

Hoewel de grafiek in afbeelding 2 anders doet vermoeden, was de vuursalamander in 2015 ook in het wild nog niet uitgestorven in Nederland.

- 1p **43** Geef een verklaring voor het verschil tussen de gegevens in de grafiek en de werkelijke situatie.

Vanaf 2008 werden steeds vaker dode vuursalamanders gevonden. Omdat veel van deze dode vuursalamanders zweren op hun huid hadden, werd al snel gedacht aan een ziekteverwekker. In 2013 identificeerden onderzoekers de tot dan toe onbekende schimmel *Batrachochytrium salamandrivorans*, die dodelijk bleek te zijn voor de vuursalamander. Met de identificatie van deze schimmel was de eerste doelstelling van SOS vuursalamander gehaald.

In tabel 1 zijn kenmerken van vier ziekteverwekkers weergegeven.

tabel 1

ziekteverwekker	celwand of eiwitmantel	kernmembraan	erfelijk materiaal
1	celwand	aanwezig	DNA
2	eiwitmantel	afwezig	RNA
3	celwand	afwezig	DNA
4	afwezig	aanwezig	DNA

- 2p 44 Welke van de vier ziekteverwekkers uit tabel 1 kan *Batrachochytrium salamandrivorans* zijn?
- A ziekteverwekker 1
 - B ziekteverwekker 2
 - C ziekteverwekker 3
 - D ziekteverwekker 4

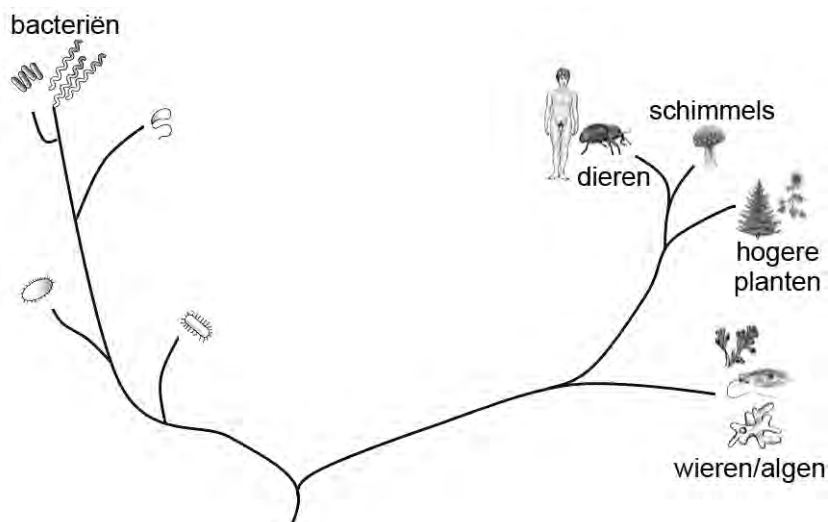
Onderzoekers ontwikkelden een detectietest om een DNA-volgorde op te sporen die uniek is voor de schimmel. Met een wattenstaafje worden enkele cellen van de huid van gevangen vuursalamanders verkregen (afbeelding 3). Met de detectiemethode kan snel worden bepaald of het monster besmet is. Als dat zo is, wordt de vuursalamander behandeld met een schimmeldodend middel.

afbeelding 3



Het te onderzoeken monster kan naast cellen van de ziekteverwekker ook cellen van de vuursalamander (1), van algen (2) en van bacteriën (3) bevatten.
 Afbeelding 4 geeft de evolutionaire stamboom van de organismen op aarde weer.

afbeelding 4



1p **45** Van welk van de drie genoemde andere cellen komt het DNA volgens deze evolutionaire stamboom het meest overeen met het DNA van de ziekteverwekker?

De detectietest kan worden gebruikt bij het beheer van de vuursalamanderpopulaties.

Een natuurbeheerder treft in zijn gebied een populatie aan die bestaat uit zowel besmette als niet-besmette vuursalamanders.

1p **46** Beschrijf een maatregel die de natuurbeheerder kan nemen voor deze populatie, die past bij de doelstellingen van het actieplan SOS vuursalamander.